



## ANALYSIS OF FRACTIONAL ANISOTROPY (FA) VALUES AND APPARENT DIFFUSION COEFFICIENT (ADC) VALUES IN ISCHEMIC STROKE DISEASES OF MRI GE 3 TESLA

ANALISIS NILAI FRACTIONAL ANISOTROPY (FA) DAN NILAI APPARENT DIFFUSION COEFFICIENT (ADC) PADA KASUS STROKE ISKEMIK DENGAN MRI GE 3 TESLA

Research Report  
Penelitian

Ali Mustofa<sup>1\*</sup>, Anggraini Dwi Sensusiati<sup>2</sup>, Muhaimin<sup>3</sup>, Sri Andreani Utomo<sup>4</sup>, Risalatul Latifah<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Islamic Hospital, Jombang-Indonesia

<sup>2</sup>Departement of Radiology, Universitas Airlangga Hospital, Surabaya-Indonesia

<sup>3</sup>Department of Health, Faculty Of Vocational Health Studies, Universitas Airlangga, Surabaya-Indonesia

<sup>4</sup> Department of Radiology, General Hospital Dr. Soetomo, Surabaya-Indonesia

### ABSTRACT

**Background:** Diffusion Weighted Imaging and Diffusion Tensor Imaging is an advanced technique in MRI that shows the diffusion in brain of ischemic stroke disease. Diffusion Weighted Imaging (DWI) shows the lesions without gadolinium contrast agent and produce Apparent Diffusion Coefficient values. Whereas, Diffusion Tensor Imaging (DTI) shows connectivity's of central nervous system that cannot be seen by using conventional MRI. Diffusion Tensor Imaging produces Fractional Anisotropy values. **Purpose:** This study has aim to analyze the Apparent Diffusion Coefficient values and Fractional Anisotropy values in Stroke Ischemic disease. **Methods:** Total samples used are 14 samples, consist of 7 (50%) man and 7 (50%) woman with ischemic stroke disease. Each sample deals by Diffusion Weighted Imaging and Diffusion Tensor Imaging sequences. The Region of Interest (ROI) is placed in ischemic stroke lesions and contra lateral side of lesions. **Results:** The result shows that 9 samples of brain tissue lesions located in the right side and 5 samples in the left side. Right lesions have the average ADC stroke: 0.001748; normal ADC: 0.000954; FA stroke: 0.144522; and normal FA: 0.426111. While, left lesions have the average ADC strokes 0.000979; normal ADC: 0.000835; FA stroke: 0.2556; and normal FA 0.4324. **Conclusion:** So, the conclusion of this study is Apparent Diffusion Coefficient (ADC) values in case of ischemic stroke can decreases or increases depend on the age of stroke. While, the Fractional Anisotropy (FA) values will decrease without being affected by age of stroke.

### ABSTRAK

**Latar Belakang:** Diffusion Weighted Imaging dan Diffusion Tensor Imaging merupakan teknik advance pada modalitas MRI yang dapat melihat difusi pada otak dengan kelainan stroke iskemik. Diffusion Weighted Imaging mampu memperlihatkan kriteria lesi tanpa memerlukan agen kontras dan akan menghasilkan nilai Apparent Diffusion Coefficient. Sedangkan Diffusion Tensor Imaging dapat mencitrakan hubungan aksonal sistem saraf pusat yang tidak dapat dijelaskan pada MRI konvensional dan Diffusion Tensor Imaging menghasilkan nilai Fractional Anisotropy. **Tujuan:** dari penelitian ini adalah untuk menganalisis nilai Apparent Diffusion Coefficient dan nilai Fractional Anisotropy pada kasus Stroke Iskemik. **Metode:** Total sampel

### ARTICLE INFO

Received 5 Januari 2019

Accepted 12 Maret 2019

Online 31 Maret 2019

\* Correspondence (Korespondensi):  
Ali Mustofa

E-mail:  
mustofa616@gmail.com

### Keywords:

Diffusion Weighted Imaging,  
Diffusion Tensor Imaging, Apparent  
Diffusion Coefficient, Fractional  
Anisotropy, Ischemic Stroke

yang didapatkan sejumlah 14 sampel, 7 (50%) laki-laki, 7 (50%) perempuan dengan kasus stroke iskemik. Setiap sampel dilakukan pemeriksaan dengan sekuens Diffusion Weighted Imaging dan sekuens Diffusion Tensor Imaging. Pemberian ROI dilakukan pada daerah lesi stroke iskemik dan daerah kontra lateral dari lesi stroke iskemik. **Hasil:** penelitian menunjukkan 9 sampel lesi terletak di jaringan otak kanan dan 5 sampel di jaringan otak kiri. Pada daerah lesi kanan memiliki rata-rata ADC stroke: 0,001748; ADC normal: 0,000954; FA stroke: 0,144522; FA normal: 0,426111. Sedangkan daerah lesi kiri memiliki rata-rata ADC stroke: 0,000979; ADC normal: 0,000835; FA stroke: 0,2556; FA normal: 0,4324. **Kesimpulan:** nilai Apparent Diffusion Coefficient pada kasus stroke iskemik dapat mengalami penurunan dan kenaikan berdasarkan usia stroke. Sedangkan nilai Fractional Anisotropy pada kasus Stroke iskemik akan mengalami penurunan nilai tanpa memperhitungkan usia stroke.

**Kata kunci:**

Diffusion Weighted Imaging, Diffusion Tensor Imaging, Apparent Diffusion Coefficient, Fractional Anisotropy, Stroke Iskemik

## PENDAHULUAN

Dari data Riset Kesehatan Dasar 2013, prevalensi Stroke di Indonesia 12,1% per 1.000 penduduk. Angka tersebut mengalami kenaikan jika dibandingkan dengan Riset Kesehatan Dasar 2007 sebesar 8,3 persen. Stroke telah menjadi penyebab kematian utama di hampir semua rumah sakit di Indonesia. Diagnosa penyakit stroke dilakukan dengan berbagai macam modalitas radiologi salah satunya adalah Magnetic Resonance Imaging (MRI) (Yueniwati, 2016).

Magnetic Resonance Imaging (MRI) merupakan modalitas dalam bidang radiologi yang mampu mencitrakan gambaran anatomis beserta fisiologis dan dapat memberi informasi mengenai kelainan. MRI difusi adalah teknik *advance* pada modalitas MRI yang dapat menilai difusi pada jaringan tubuh manusia seperti teknik Diffusion Weighted Imaging (DWI) dan Diffusion Tensor Imaging (DTI). Diffusion Weighted Imaging (DWI) dapat berfungsi untuk deteksi dini lesi. Selain itu, DWI juga mampu memperlihatkan kriteria dari karakteristik lesi tanpa memerlukan agen kontras dengan menghitung efek difusi melalui pengukuran koefisien difusi (ADC) (Koike et al., 2009). Sedangkan Diffusion Tensor Imaging (DTI) mampu mencitrakan hubungan aksonal sistem saraf pusat manusia sehingga dapat menggambarkan struktur anatomis beserta fisiologis dari sistem saraf pusat yang tidak bisa dijelaskan pada MRI konvensional (Tammie et al., 2009).

Apparent Diffusion Coefficient (ADC) merupakan *post processing* dari DWI dengan mengkalkulasikan nilai dari *b-value* yang berbeda. Hasil kalkulasi tersebut ditampilkan berupa nilai ADC. Pengukuran *Diffusivity Anisotropy* sebagai perhitungan matematis paling umum dengan menggunakan Fiber Tracking, Fractional Anisotropy (FA), Mean Diffusivity (MD), dan Axial Diffusivity (Alexander et al., 2007). Sedangkan perhitungan yang paling sering digunakan dalam sekuens DTI yaitu menggunakan Fractional Anisotropy (FA). Walaupun pada proses penilaian masih dipengaruhi oleh *noise*, sehingga nilai *Anisotropy* pada voxel yang diperiksa sedikit akan terganggu oleh sinyal yang ditimbulkan oleh serabut saraf yang memiliki orientasi yang berbeda (Vilanova et al., 2006). Pada beberapa penelitian nilai FA akan mengalami penurunan pada kasus stroke. (Alegiani et al.,

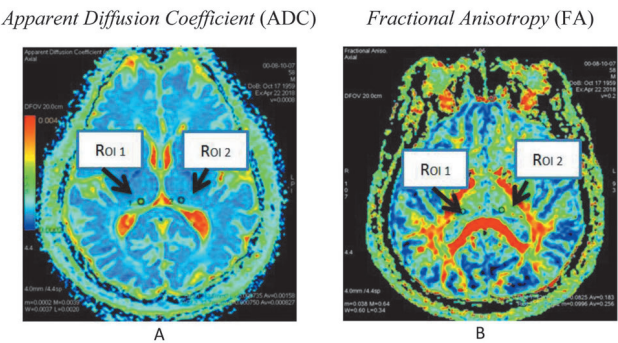
2017). Sedangkan nilai ADC akan mengalami penurunan dan kenaikan nilai ADC pada kasus stroke iskemik sesuai dengan usia stroke (Shen et al., 2011). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Lee dan Danielian (2009) bahwa setiap organ normal yang ada pada otak manusia memiliki nilai ADC dan nilai FA berbeda. Hal ini dikuatkan oleh penelitian yang dilakukan Baradaran et al (2016) yang menunjukkan bahwa nilai ADC dan nilai FA pada penggunaan modalitas dan parameter berbeda akan menghasilkan nilai yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai *fractional anisotropy* dan nilai *Apparent Diffusion Coefficient* pada kasus stroke iskemik dengan MRI GE 3 Tesla.

## MATERIAL DAN METODE

Sampel yang digunakan ialah total pasien dengan kasus stroke iskemik dengan rentang waktu bulan Maret hingga Mei 2018, yang memenuhi kriteria inklusi. Sekuens yang digunakan adalah sekuens DWI dan sekuens DTI pada pasien kasus stroke iskemik. Sekuens DWI merupakan sekuens rutin dalam pemeriksaan MRI kepala, sedangkan sekuens DTI merupakan sekuens tambahan.

Menurut Baradaran et al (2016) menunjukkan bahwa nilai *Apparent Diffusion Coefficient* (ADC) dan *Fractional Anisotropy* (FA) pada modalitas dan parameter yang berbeda akan menghasilkan nilai yang berbeda. Sekuens DWI menggunakan parameter (TR: 7000ms; TE: 113ms; NEX: 1; *b-value*: 1000; Bandwidth: 250 kHz). Sedangkan Sekuens DTI menggunakan parameter (TR: 8000ms; TE: 113ms; NEX: 1; *b-value*: 1000; Bandwidth: 250 kHz Gradien: 32). Data citra diproses menggunakan Advantage Windows Workstation (GE Medical System). Hasil citra dari sekuens DWI dan sekuens DTI selanjutnya diproses menggunakan *READY View software* (GE Medical Systems) secara otomatis.

ROI diletakkan pada lesi stroke iskemik dan kontra lateral lesi. ROI 1 digunakan untuk lesi stroke iskemik dan ROI 2 digunakan untuk lesi kontra lateral (**Gambar 1.**). Pemberian ROI 2 berfungsi sebagai indikator parenkim normal, sehingga dapat dilakukan perbandingan antara nilai FA dan ADC yang didapatkan dari pemberian ROI 1 dengan ROI 2.



**Gambar 1.** Peletakan ROI pada hasil citra sekuens DWI (A) dan sekuens DTI (B)

HASIL

Penelitian ini dilakukan di Rumah Sakit National Hospital Surabaya pada bulan Maret 2018 hingga Mei 2018 pada kasus stroke iskemik dengan menggunakan

sekuens DWI dan sekuens DTI. Penelitian ini mendapatkan 14 sampel seperti pada **tabel 1** Karakteristik sampel menunjukkan bahwa sampel yang didapat dari jenis kelamin laki- laki dan perempuan mempunyai frekuensi yang sama yaitu 7 sampel. Sampel dengan jenis kelamin laki-laki pada kelainan bagian kanan sebesar 28,6% atau 4 sampel dan pada bagian kiri sebesar 21,4% atau 3 sampel. Sedangkan pada pasien dengan jenis kelamin perempuan dengan kelainan di bagian kanan sebesar 35,7% atau 5 sampel dan pada bagian kiri sebesar 14,3% atau 2 sampel.

Dari **Tabel 2.** menunjukkan bahwa nilai ADC pada kasus stroke iskemik dengan kelainan terletak di kanan mengalami kenaikan nilai ADC seperti pada sampel A, B, C, D, F, G, I. dan pada sampel E dan H mengalami penurunan nilai ADC. Sedangkan nilai FA pada kasus stroke iskemik yang terletak pada bagian kanan semuanya mengalami penurunan nilai FA.

Dari **Tabel 3.** menunjukkan bahwa nilai ADC pada kasus stroke iskemik dengan kelainan terletak pada

**Tabel 1.** Karakteristik sampel

Kelompok Letak Stroke	Laki-laki		Perempuan	
	Frekuensi (N)	Persentase (%)	Frekuensi (N)	Persentase (%)
Kanan	4	28,6%	5	35,7%
Kiri	3	21,4%	2	14,3%
Total	7	50%	7	50%

**Tabel 2.** Distribusi nilai ADC dan nilai FA pada kasus stroke iskemik dengan kelainan terletak di kanan

No	Nama	Nilai ADC		Nilai FA	
		Stroke Iskemik	Normal	Stroke Iskemik	Normal
1.	Sampel A	0,00124	0,000624	0,0816	0,564
2.	Sampel B	0,00265	0,00109	0,0532	0,275
3.	Sampel C	0,00158	0,000827	0,183	0,256
4.	Sampel D	0,00190	0,00153	0,177	0,245
5.	Sampel E	0,000410	0,000839	0,293	0,526
6.	Sampel F	0,00229	0,000882	0,115	0,555
7.	Sampel G	0,00221	0,00125	0,077	0,286
8.	Sampel H	0,000770	0,000798	0,269	0,587
9.	Sampel I	0,00268	0,000748	0,0519	0,541

**Tabel 3.** Distribusi nilai ADC dan nilai FA pada kasus stroke iskemik dengan kelainan terletak di kiri

No	Nama	Nilai ADC		Nilai FA	
		Stroke Iskemik	Normal	Stroke Iskemik	Normal
1.	Sampel J	0,000427	0,000789	0,440	0,548
2.	Sampel K	0,000359	0,000697	0,272	0,578
3.	Sampel L	0,00191	0,000913	0,235	0,280
4.	Sampel M	0,00177	0,00111	0,172	0,474
5.	Sampel N	0,000428	0,000666	0,159	0,282

bagian kiri mengalami kenaikan nilai ADC seperti pada sampel L dan M dan pada sampel J,K,N mengalami penurunan nilai ADC. Sedangkan nilai FA pada kasus stroke iskemik yang terletak pada bagian kiri semuanya mengalami penurunan nilai FA

## PEMBAHASAN

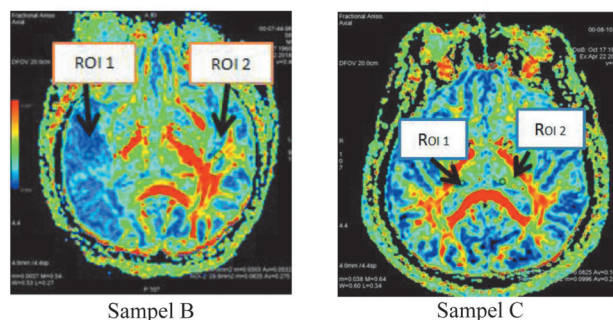
Pada **Tabel 2.** dan **Tabel 3.** menunjukkan bahwa nilai ADC pada lesi sebelah kanan dan kiri dapat mengalami penurunan maupun kenaikan nilai ADC. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Shen *et al.*, 2011) yang menunjukkan bahwa pasien dengan kasus stroke iskemik akan mengalami penurunan apabila masih dalam 8-32 jam yang ditunjukkan pada sampel E dan H pada lesi sebelah kanan dan sampel J, K dan N pada lesi sebelah kiri. Hasil ini menunjukkan bahwa pada sampel tersebut merupakan lesi stroke iskemik baru, sedangkan kenaikan nilai ADC terjadi dalam 1-4 minggu dan akan mengalami peningkatan secara terus menerus yang berbanding lurus dengan usia stroke seperti pada sampel A,B,C,D,F,G,I pada lesi kanan dan dan L dan N pada lesi kiri. Naiknya nilai ADC menunjukkan bahwa lesi pada sampel tersebut tergolong lesi lama.

Dalam penggunaannya parameter yang digunakan pada sekuens DWI untuk mendeteksi lesi adalah T2W, *Eco Planar Imaging* dan penggunaan b-value. Parameter b-value sangat menentukan dalam menghasilkan nilai dari koefisien difusi (ADC). Karena nilai ADC dihasilkan dari perbandingan koefisien b-value 0 pada saat T2W dengan b-value yang berbeda. Sedangkan nilai FA pada lesi sebelah kanan dan kiri mengalami penurunan nilai FA. Yang mana hasil tersebut sesuai dengan penelitian Alegiani *et al.*, (2017) bahwa nilai FA akan mengalami penurunan pada kasus stroke. Nilai FA mengalami penurunan karena jaringan sudah bersifat anisotropy seperti penelitian yang dilakukan oleh Alexander *et al.*, (2007) menunjukkan bahwa difusi disebut isotropik ketika eigenvalue selisihnya dekat. Sebaliknya, difusi disebut anisotropik ketika eigenvalue memiliki perbedaan yang signifikan. Besarnya *eigenvalue* dapat dipengaruhi oleh perubahan struktur mikro jaringan lokal akibat luka maupun kelainan fisiologis.

Faktor klinis yang mempengaruhi nilai ADC dan nilai FA pada penelitian ini adalah peletakan ROI hasil sekuens DWI dan sekuens DTI. Ukuran ROI yang digunakan antara beberapa sampel terdapat perbedaan seperti pada gambar 2 menunjukkan bahwa ROI pada sampel B memiliki luas lebih besar jika dibandingkan ROI pada sampel C. Hal ini karena lesi stroke pada masing-masing sampel memiliki ukuran yang berbeda-beda.

Peletakan *Region of Interest* (ROI) berdasarkan metode analisa data sampel yang sangat terbatas. Yang mana pada pasien stroke iskemik memiliki luas lesi yang berbeda-beda sehingga mempengaruhi nilai *Apparent Diffusion Coefficient* (ADC) dan *Fractional Anisotropy* (FA).

Maka, kesimpulan yang diperoleh dari studi ini yaitu nilai *Apparent Diffusion Coefficient* (ADC) dapat mengalami penurunan dan kenaikan baik pada lesi di kanan dan kiri sesuai dengan usia stroke. Sedangkan nilai *Fractional Anisotropy* (FA) akan mengalami penurunan baik pada lesi kanan maupun kiri. Hal ini menunjukkan bahwa nilai ADC pada sekuens DWI dengan kasus stroke iskemik dipengaruhi oleh usia stroke dan nilai FA dengan sekuens DTI pada kasus stroke iskemik tidak dipengaruhi oleh usia stroke.



**Gambar 2.** Perbedaan pemberian ROI pada sampel

## KESIMPULAN

Berdasarkan data tersebut maka dapat disimpulkan bahwa Nilai *Apparent Diffusion Coefficient* (ADC) dapat mengalami penurunan maupun kenaikan baik pada lesi di kanan dan kiri sesuai dengan usia stroke. Sedangkan nilai *Fractional Anisotropy* (FA) akan mengalami penurunan baik pada lesi kanan maupun kiri. Hal ini menunjukkan bahwa nilai ADC pada sekuens DWI dengan kasus stroke iskemik dipengaruhi oleh usia stroke dan nilai FA dengan sekuens DTI pada kasus stroke iskemik tidak dipengaruhi oleh usia stroke.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Widya dan Habibi, selaku Radiografer di Rumah Sakit National Hospital Surabaya. Kepada Anggraini Dwi Sensusiati dan Muhaimin yang telah memberikan kontribusi penuh. Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dengan pihak-pihak yang terkait dalam penelitian ini

## DAFTAR PUSTAKA

- Alegiani, A.C., Simon, M., Hanna, B., Sussanne, S., Christian, G., Jens, F., Laurent, D., Marc, H., Yves, B., Norbert., Gotz, T. 2017. Comprehensive analysis of early fractional anisotropy changes in acute ischemic stroke. Pp.2-11.
- Alexander, A.L., Lee, J.E., Lazar, M., Field, A.S. 2007. Diffusion Tensor Imaging of the Brain. Neurotherapeutics. Vol 4(1). Pp.316-29.
- Baradaran, H., Mtui, E., Richardson, J.E., Delgado, D., Dunning, A., Marshall, R.S., Sanelli, P.C., Gupta A. 2016. White

- Matter Diffusion Abnormalities in Carotid Artery Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Neuroimaging*. Pp.481-88.
- Koike, N., Akihiro, C., Katsuhiko, Kazuhiko, S., Shigeyuki N., Yuji, O., Nobuhiro, O. 2009. Role of diffusion-weighted magnetic resonance imaging in the differential diagnosis of focal hepatic lesions. *World Journal of Gastroenterology*. Pp.5805-02.
- Lee, C.E.C., Danielian, L.E. 2009. Normal Regional Fractional anisotropy and apparent diffusion coefficient of the brain measured on a 3T MR scanner. *Diagnostic Neuroradiology*. Pp.3-9.
- Shen, J.-M., Xia, XW., Kang, WG., Yuan, JJ., Sheng, L. 2011. The Use of MRI apparent diffusion coefficient (ADC) in monitoring the development of brain infarction. *BMC Medical Imaging*. Pp.1471-2342
- Tammie, L., Benzinger, S., McKinstry III, R.C., Chen, C.I., Priatna, A. 2007. Clinical Applications of Diffusion Tensor Imaging, *MAGNETOM Flash*. 3/2007 <https://www.healthcare.siemens.com/magnetic-resonance-imaging/magnetom-world/clinical-corner/clinical-talks/6th-world-summit-presentations-benzinger.html>. Diakses: 20 Februari 2018.
- Vilanova, A., Zhang, S., Kindlmann, G., Laidlaw, D. 2006. An Introduction to Visualization of Diffusion Tensor Imaging and Its Applications. Springer Verlag. Pp. 121-153.
- Yueniwati, Y. 2016. *Pencitraan pada stroke*. Malang: Universitas Brawijaya Press.